Journal of Horticultural Science
https://jhs.um.ac.ir



Research Article
Vol. 37, No. 4, Winter 2024, p. 1087-1099

Effect of Auxin and Gibberellin Foliar Application and Fruit Immersing Treatments on Vegetative and Reproductive Growth of Strawberry. CV. 'Gaviota'

M. Nezami[1], M.R. Fatahi Moghadam [2*], Z. Zamani[2], A. Ebadi[2]

1 and 2- Former M.Sc Student and Professor, Deportment of Horticultural Sciences, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: fattahi@ut.ac.ir)

Received: 19-02-2023 Revised: 01-07-2023 Accepted: 02-07-2023 Available Online: 03-07-2023	**How to cite this article:** Nezami, M., Fatahi Moghadam, M.R., Zamani, Z., & Ebadi, A. (2024). Effect of auxin and gibberellin foliar application and fruit immersing treatments on vegetative and reproductive growth of strawberry. CV. 'Gaviota'. *Journal of Horticultural Science, 37*(4), 1087-1099. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79927.1241

Introduction

Strawberry is known as one of the most important temperate small fruits which is cultivated in the field, greenhouse and high tunnels in the most regions of the world. The role of gibberellin and auxin in increasing fruit size of strawberries have been reported. One of the major problems of strawberry production in greenhouse is the fruits malformation which has reduced the market value of the fruit. Gibberellin and auxin have been different effects in vegetative and reproductive of growth stages. The purpose of this research was to improve the vegetative and reproductive indices of the fruit and to control the malformation problem by stimulating the development of seeds on the fruit and stimulating the growth of the fruit receptacle by gibberellin GA_3.

Materials and Methods

Experiments were conducted in a commercial greenhouse in Karaj, Hashtgerd New City, Phase 7 during 2017-2019. Two separate experiments (spraying hormones on whole plant or immersing individual fruitlets on hormone solution) were designed and implemented in a commercial greenhouse unit. In the first experiment: GA_3 was at concentrations of 50, 100 and 150 ppm and IBA at concentrations of 20, 40 and 60 ppm in growth stages of 60 and 65 according to BBCH worldwide model. In the second experiment, fruits were immersed in NAA with concentrations of 20, 40 and 60 ppm and GA_3 with concentrations of 25, 50 and 100 ppm at fruit growth stages 70 and 73 according to BBCH procedure. After reaching the red stage, the fruits were manually harvested and transferred to the laboratories for additional tests. Vegetative and reproductive traits were evaluated including leaf area, number of leaves, crown circumference, plant height, number of flowers and fruit dimensions. Fruit biochemical characteristics include: total soluble solids, titratable acid content of fruit, anthocyanin and antioxidant capacity, total phenolics, catalase and superoxide dismutase enzymes activities and content of vitamin C were evaluated. The experiments were designed and implemented in the frame of a randomized complete block design. The data were analyzed by SAS ver.9.4 and SPSS ver. 22 software, the mean data were compared based on Duncan's multi-range test, and the graphs were drawn by Excel 2013 software.

Results and Discussion

Foliar spraying with gibberellin had a significant effect on several characteristics, including leaf area, crown circumference, number of flowers, and plant height at the 1% level of significance. However, it did not yield a significant impact on the attribute of leaf number. The increase in vegetative growth could be due to the synthesis



https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79927.1241

of more amino acids in the stimulation of gibberellin treatment. Gibberellin treatments increased the vegetative growth of the plant and increased the number of flowers, but their growth was stopped after fruit formation and no fruits were formed in gibberellin spraying. This can be due to the existence of an antagonistic relationship between vegetative parts and fruit developments. Auxin hormone treatments had a significant effect on increasing fruit size and reducing the percentage of malformed fruits. GA_3 at concentration of 50 ppm improved plant vegetative characteristics such as: plant leaf area, plant crown circumference, plant height and number of flowers, while IBA reduced fruit deformity by 40% and also increased the amount of total soluble solids, the titratable acid content of the fruit and the antioxidant content of the fruit. In general, gibberellin at a concentration of 50 ppm in order to increase plant vegetative indices and auxin at a concentration of 60 ppm were statistically effective. In second experiment, it seems that three levels of gibberellin treatment have increased all traits related to fruit compared to auxin and control. GA_3 at a concentration of 100 ppm, causing an increase in fruit size, fruit weight and the biochemical properties of the fruit and the deformity decreased by 37/5% while NAA at a concentration of 60 ppm increased the amount of fruit anthocyanin as well as total fruit phenolics and vitamin C content.

Conclusion

In the first experiment, gibberellin foliar application at a concentration of 50 ppm had the greatest effect on vegetative growth indicators. Also, in the same experiment, it was found that the use of GA_3 in high concentrations has the negative effects on flowering and fruit growth., while it increases the amount of runner production. Also, IBA at a concentration of 60 ppm was the most effective treatment in fruit indices. In the second experiment, gibberellin at a concentration of 100 ppm was the most effective treatment in fruit and its biochemical traits, while NAA auxin in the second experiment showed a lower response to fruit than IBA auxin in the first experiment.

Keywords: Antioxidants, Fruit malformation, Greenhouse cultivation, Fruit quality, Stolen formation, Strawberry



نشریه علوم باغبانی

https://jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ٤، زمستان ١٤٠٢، ص. ۱۰۹۹-۱۰۸۷

تأثیر محلول‌پاشی برگی و غوطه‌وری میوه با اکسین و جیبرلین بر ویژگی‌های رویشی و زایشی توت‌فرنگی رقم 'گاویتا'

مرضیه نظامی[۱]- محمدرضا فتاحی مقدم[۲*]- ذبیح اله زمانی[۲]- علی عبادی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۱۱

چکیده

توت‌فرنگی یکی از میوه‌های مهم و مغذی است که قابلیت کشت در مزرعه و گلخانه را دارا می‌باشد. به‌منظور بررسی تأثیر هورمون‌ها بر رشد توت فرنگی رقم 'گاویتا' دو آزمایش در یک واحد گلخانه تجاری طراحی و اجرا شد. در آزمایش اول جیبرلین در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ایندول بوتیریک اسید در غلظت‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر در مراحل رشدی (کدهای ۵۵، ۶۰ و ۶۵) براساس دستورالعمل جهانی BBCH محلول‌پاشی شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. میوه‌ها پس از رسیدن به مرحله قرمزی به‌صورت دستی برداشت شدند و به‌منظور آزمایش‌های تکمیلی به آزمایشگاه های گروه علوم باغبانی دانشکده مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز دانشگاه تهران منتقل شدند. صفات رویشی و زایشی شامل سطح برگ، تعداد برگ، محیط تاج بوته، ارتفاع بوته، تعداد گل و ابعاد میوه و صفات بیوشیمیایی میوه شامل: مواد جامد محلول، میزان اسید قابل تیتراسیون میوه، آنتوسیانین، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی کل، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز، آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز، ویتامین‌ث و رنگ میوه مورد ارزیابی قرار گرفتند. جیبرلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر ویژگی‌های رویشی بوته نظیر: سطح برگ بوته، محیط تاج بوته، ارتفاع بوته و تعداد گل را بهبود بخشید در حالیکه اکسین موجب کاهش بد شکلی میوه تا ۴۰ در صد شد و همچنین موجب افزایش در میزان مواد جامد محلول، میزان اسید قابل تیتراسیون میوه و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه شد. در کل جیبرلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به‌منظور افزایش ویژگی‌های رویشی بوته و اکسین در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش ویژگی‌های میوه شدند. در آزمایش دوم میوه‌ها در محلول نفتالین استیک اسید (NAA) با غلظت‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر و جیبرلین با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مراحل رشدی میوه براساس زمان کدهای ۷۰ (تشکیل میوه) و ۷۳ (میوه سبز کوچک) دستورالعمل جهانی BBCH غوطه‌ور شدند. جیبرلین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش در اندازه میوه، وزن میوه، افزایش ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه و کاهش بدشکلی میوه تا ۳۷/۵ درصد شد. در حالیکه اکسین در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر موجب افزایش میزان آنتوسیانین میوه، ترکیبات فنلی کل میوه و ویتامین‌ث شد. در کل جیبرلین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اکسین با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر به‌منظور افزایش اندازه میوه، وزن میوه، ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه و کاهش بدشکلی میوه‌ها توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، استولون‌زایی، بدشکلی میوه، توت‌فرنگی، کشت گلخانه‌ای، کیفیت میوه

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

(*- نویسنده مسئول: Email: fattahi@ut.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jhs.2023.79927.1241

مقدمه

امروزه توت‌فرنگی به‌عنوان یکی از میوه‌های مهم و خوش‌طعم در جهان شناخته شده است (Hancock, 2005; Gollagi *et al.,* 2019). تولید توت‌فرنگی بالغ بر ۹/۵ میلیون تن در جهان است (FAOSTAT, 2021). این میوه به علت داشتن عطر و طعم خاص و استفاده‌های گوناگون اعم از تازه‌خوری، منجمد شده و صنایع تبدیلی حائز اهمیت می‌باشد (Uddin *et al*., 2012). توت‌فرنگی از ریزمیوه‌های مهم مناطق معتدله است که در اکثر مناطق دنیا کشت می‌شود (Hancock, 2005 Sharma & Singh, 2009;). در مناطق نیمه‌گرمسیری به صورت یکساله و در مناطق گرمسیری به صورت دائمی کشت می شود (Sharma & Sharma, 2004). در سال‌های اخیر به دلیل توسعه تکنیک‌های کشت مدرن گلخانه‌ای، امکان کشت این محصول در مناطق مختلف آب و هوایی، وجود ارقام گوناگون مناسب برای هر گونه آب و هوا و سودآوری بالای این محصول تولیدکنندگان زیادی به کشت گلخانه‌ای این محصول روی آورده‌اند (Sharma & Singh, 2009).

یکی از مشکلات عمده تولید گلخانه‌ای توت‌فرنگی عارضه بدشکلی میوه‌ها می‌باشد که موجب کاهش ارزش بازارپسندی این میوه شده و خریداران تمایلی برای خرید میوه‌هایی با شکل نامطلوب ندارند که این امر منجر به کاهش قیمت میوه و در نهایت ضرر مالی برای تولیدکننده می‌شود (Sharma & Sharma, 2004). علاوه بر این، میوه‌های بدشکل ارزش غذایی و سلامتی کمتری نسبت به میوه‌های سالم دارند. بطوری‌که مقدار ۲۸-۱۹ در صدکاهش در میزان ویتامین ث و ۴۰ درصد کاهش در میزان آنتوسیانین کل گزارش شده است (Eshghi & Jamali, 2009). همچنین این عارضه بر ویژگی‌های کیفی میوه‌ها نظیر میزان عناصر معدنی از جمله کلسیم، روی و منیزیوم تأثیر می گذارد و مو جب کاهش آن ها می‌شود (Eshghi & Jamali, 2009). این عارضه می‌تواند اثر منفی روی ارزش تجاری میوه بگذارد (Massetani *et al*., 2014) که براساس ویژگی‌های ژنتیکی رقم (Carew *et al*, 2003)، شرایط محیطی و فاکتورهای مربوط به رشد و نمو میوه (Albregts & Howard, 1982) متفاوت است.

کاربرد ترکیبات طبیعی و سازگار با گیاه و طبیعت و انسان یکی از جنبه‌های مهم در رویکرد به کشاورزی ارگانیک می‌باشد که در نتیجه محصولی با ارزش غذایی و دارویی بالا و در عین حال بدون استفاده از مواد شیمیایی مضر همانند کودهای شیمیایی بدست می‌آید (Kriti, 2016; Sharma & Singh, 2009) به‌نظر می‌رسد که سطوح هورمون‌های جیبرلین و اکسین در میوه طی فرآیند رشد و نمو بوسیله بازدارنده‌ها کاهش می‌یابند (Goldschmidt, 1970). نقش جیبرلین در افزایش قطر نهنج در توت‌فرنگی و همچنین تحریک در افزایش تولید اکسین در سلول‌های مجاور فندقه‌ها و حتی در خود فندقه‌ها در سال‌های گذشته بررسی شده و به اثبات رسیده است (Ariza *et al*., 2011; Nitsch, 1950). همچنین، جیبرلین در گیاهان آرابیدوپسیس[1] و نخودفرنگی موجب تکامل بذر از طریق تنظیم رشد جنین، آندوسپرم و لوله گرده شده است (Nitsch, 1950; Cheng *et al*., 2013; Gollagi, 2019). هورمون‌های گیاهی که در بذرها تولید می‌شوند در رشد نهنج و در نتیجه رشد میوه توت‌فرنگی نقش دارند و سبب تحریک رشد و نمو در میوه‌ها می‌شوند. جیبرلین به‌عنوان هورمونی که اثر مستقیم بر افزایش رشد رویشی، گلدهی، میوه‌دهی، تسریع فرآیند گرده‌افشانی و کاهش بدشکلی میوه‌ها در بسیاری از محصولات از جمله توت‌فرنگی دارد، شناخته می شود. علاوه بر این جیبرلین سطوح کل هورمون های داخل گیاه را بالا می‌برد (Thompson, 1969; Sawhney & Greyson, 1974; Paroussi *et al*.,2002; Sharma & Singh, 2009). همچنین، کاربرد هورمون‌های جیبرلین و اکسین در مراحل مختلف رشد بر افزایش ویژگی‌های رشد رویشی بوته موثر می‌باشد و در گزارش‌های متعددی تأثیر آن بر افزایش تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول‌ها و افزایش طول ساقه گیاه گزارش شده است (Asadi *et al*., 2013; Lolaei *et al*, 2013; Thakur *et al*, 2015; Kriti, 2016). هورمون‌های گیاهی علاوه بر تأثیر بر ویژگی‌های رشد رویشی بر ویژگی‌های بیو شیمیایی میوه نظیر: میزان مواد جامد محلول، میزان TA، ویتامین ث، میزان آنتوسیانین میوه و ترکیبات فنولی بوسیله افزایش در میزان تبدیل قندهای پیچیده به قندهای ساده تر بر اثر شکسته شدن ترکیبات پیچیده، تأثیر مستقیم می گذارند (Iqbal *et al*., 2009). اخیرا، آنالیز های مولکولی نقش برجسته اکسین را درپیام‌رسانی در انتقال از مرحله گل به میوه تأیید می‌کنند. رشد تخمدان قبل از گرده‌افشانی متوقف می شود و اکسین برطرف کننده این رشد سرکوب شده بعد از انجام عمل لقاح می‌باشد (Palei *et al*., 2016). هدف از انجام این پژوهش بهبود ویژگی‌های رویشی و کیفی میوه و کنترل عارضه بدشکلی از طریق تحریک تکامل بذرها روی میوه و تحریک رشد نهنج بوسیله کاربرد هورمون‌های جیبرلین و اکسین و بررسی اثرات ناشی از کاربرد این هورمون‌ها بر ویژگی‌های بوته و میوه بوده است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و شرایط کشت

آزمایش‌ها در یک گلخانه تجاری در شهرک گلخانه‌ای هشتگرد

1- *Arabidopsis thaliana*

فاز ۷ طی سال‌های ۱۳۹۹-۱۳۹۷ انجام شدند. کشت به‌صورت گلخانه‌ای و سیستم تغذیه به صورت هیدروپونیک مرکز باز بود. رقم مورد استفاده 'گاویتا' بود. بوته‌ها در اوایل آبان ماه کشت شدند. در ابتدا قطر طوقه‌ها حدود ۳ سانتی‌متر بود. بستر کشت گلدان‌ها با مخلوط مساوی پرلیت و کوکوپیت پر شد. سرمادهی حدود سه هفته در آبان و آذر با دمای ۷ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت. در طول دوره رشد دمای گلخانه در شب ۱۲-۱۴ درجه سانتی‌گراد و در روز ۲۴-۲۶ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. تعداد ۱۱۲ گلدان در اندازه‌ی قطر ۲۰ و ارتفاع ۲۵ سانتی‌متری در هر آزمایش انتخاب شدند و مورد استفاده قرار گرفتند.

تیمارها

برای تیمار جیبرلین GA_3 از برند برلکس تجاری در ۴ سطح صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ایندول بوتیریک اسید (IBA) در ۴ سطح صفر، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر به‌صورت همزمان از تاریخ ۲۶ اسفند ۱۳۹۶ در سه نوبت بر اساس مراحل دستورالعمل جهانی BBCH [1] قبل از تشکیل جوانه گل (مرحله ۵۵)، تشکیل گل (مرحله ۶۰) و یک هفته بعد از تشکیل گل (مرحله ۶۵) بر روی بوته‌های توت‌فرنگی اسپری شدند. میوه‌ها در مرحله قرمزی کامل به صورت دستی برداشت شدند و برای اندازه‌گیری صفات کمی و کیفی بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایش دوم میوه‌ها در محلول نفتالین استیک اسید NAA با غلظت‌های ۲۰، ۴۰ و ۶۰ میلی‌گرم در لیتر و جیبرلین با غلظت های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در مراحل تشکیل میوه (مرحله ۷۰) و سبز کوچک (مرحله ۷۳) دستورالعمل BBCH غوطه‌ور شدند. صفات مورد ارزیابی مشابه آزمایش اول بود.

دستورالعمل جهانی BBCH سیستمی برای کدگذاری مراحل رشد فنولوژیکی مشابه در همه گونه‌های تک لپه و دو لپه است. این دستورالعمل نتیجه یک کار گروهی بین دانشمندان مرکز تحقیقات بیولوژیک فدرال آلمان و سه سازمان کشاورزی دیگر می‌باشد. مراحل رشدی به صورت ترتیبی صعودی تعریف می شوند. مراحل فنولوژیکی هر گیاه برای هر کد شرح داده شده است و برای برخی از مراحل مهم نقاشی گنجانده شده است (Meier,1997). این کدگذاری امروزه برای بسیاری از مراحل فنولوژیکی درختان میوه برای ایجاد زبان مشترک مراحل تدوین شده است.

ارزیابی صفات

ویژگی‌های رویشی بوته و میوه به‌ترتیب تعداد برگ، تعداد گل، محیط تاج بوته به سانتی‌متر، میانگین سطح برگ بوسیله دستگاه سطح‌سنج برگ LAM مدل LI 3100C بر حسب میلی‌متر مربع، ارتفاع بوته به سانتی‌متر، طول میوه، عرض میوه هر دو به میلی‌متر و نسبت طول به عرض میوه بوسیله کولیس دیجیتال بر حسب میلی‌متر با دقت یک‌صدم، بدشکلی میوه با مقایسه با میوه‌های سالم، وزن میوه بوسیله ترازوی دیجیتال با دقت صدم گرم، در مرحله‌ای که میوه قرمز بود مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. صفات بیوشیمیایی میوه شامل میزان مواد جامد محلول بوسیله دستگاه رفرکتومتر آلمانی مدل ۹۰۲ دستی بر حسب درجه بریکس (CHeoure *et al.*, 1991)، ویتامین ث میوه به روش تیتراسیون با ید و یدور پتاسیم بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه (Ferario-Mery, 2001)، اسید قابل تیتراسیون میوه تیتراسیون با سود یک‌دهم نرمال بر حسب درصد (Ferario-Mery, 2001)، رنگ میوه بوسیله رنگ‌سنج مینولتا قابل حمل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه به روش خنثی‌کنندگی DPPH بر حسب درصد (Sanchez_ moreno, 2002)، آنتوسیانین میوه با روش اختلاف pH بر حسب میلی‌گرم بر لیتر (Giusti & Wrolstad, 2001)، ترکیبات فنلی کل میوه با روش فولین سیوکالتو بر حسب میلی‌گرم بر ۱۰۰ گرم وزن تازه میوه با خوانش دستگاه پلیت ریدر[2] مدل eon-USA2000 ، فعالیت آنزیم کاتالاز به روش سرعت از بین رفتن H_2O_2، فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به روش نیترو بلو تترازولیوم با خوانش دستگاه پلیت ریدر مدل eon-USA2000 مورد ارزیابی قرار گرفتند (Kang & Saltveit, 2002) .

طرح آزمایشی و آنالیزهای آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طراحی و اجرا شدند. داده ها بوسیله نرم افزارهای SAS نسخه 9/4 ، آنالیز شدند. میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال۵ درصد مقایسه شدند و نمودارها بوسیله نرم افزار Excel(2013) رسم شدند.

نتایج و بحث

اثر محلول‌پاشی برگی جیبرلین و اکسین بر ویژگی‌های رویشی بوته و میوه

محلول‌پاشی با جیبرلین بر صفات سطح برگ، محیط تاج بوته، تعداد گل و ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود در حالی‌که بر صفت تعداد برگ معنی‌دار نبود (جدول ۱). تیمار جیبرلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سبب رشد تا ۱۲۵ درصد سطح برگ بوته شده است

1- BBCH (Biologishe Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry)

2- Plate Reader

(شـکل ۵-a). افزایش سـطح برگ با تیمار جیبرلین در پژوهش‌های دیگر ۷۱ در صد ر شد سطح برگ گزارش شده ا ست (Paroussi et al., 2002; Uddin et al., 2012; Saima et al., 2014; Palei et al., 2016). افزایش رشـد رویشـی می‌تواند بدلیل سـنتز بیشـتر آمینو سیدها در تحریک تیمار جیبرلین صورت گرفته با شد. همچنین افزایش در میزان تقسـیم سـلولی و در نتیجه طویل شـدن سـلول‌ها می‌تواند از دیگر علل افزایش سطح برگ با شد. محیط تاج بوته نیز در تیمار با ایندول بوتیریک اسـید در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر ۵/ ۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد رشد داشته است اگرچه تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای جیبرلین و شاهد مشاهده نشد. گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش محیط تاج بوته بر اثر تیمارهای هورمونی جیبرلین و اکسین وجـود دارد (Asadi et al., 2013; Palei et al., 2016; Kriti, 2016). بیشـترین ارتفاع بوته در تیمارهای جیبرلین مشـاهده شـد. جیبرلین محرک طویل شـدن دمگل‌ها و دمبرگ‌هاسـت (Uddin et al., 2012). تعداد گل افزایش ۲۵ در صد دا شته ا ست زیرا جیبرلین می‌تواند جایگزین نیاز سرمایی برای القای گلدهی شود (Thompson, 1969). در آزمایش اول با توجه به اینکه تیمارهای جیبرلین موجب افزایش ر شد رویشی بوته و افزایش تعداد گل شدند اما این گل‌ها بعد از تشـکیل میوه دچار توقف در رشـد شـدند و میوه‌ای در شـرایط تیمارهای جیبرلین تشکیل نشد. درحالی‌که در این بوته‌ها رشد رویشی زیاد منجر به تشکیل استولون‌های زیادی شد که از دیدگاه تکثیر گیاه مهم اسـت (Kaviani et al., 2023). این امر می‌تواند بدلیل وجود رابطه آنتاگونیستی بین رشد رویشی و تشکیل میوه باشد (شکل ۱).

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی جیبرلین و اکسین بر برخی صفات رویشی بوته‌های توت‌فرنگی رقم 'گاویتا

Table 1-Result of ANOVA for the foliar application effect of GA_3 and IBA on some morphological traits of strawberry cv. 'Gaviota'

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		سطح برگ Leaf area	محیط تاج بوته Crown circumstance	تعداد گل Number of flowers	تعداد برگ Number of leaves	ارتفاع بوته Plant Height
بلوک Block	3	99.23^{ns}	8.54^{ns}	14.03^{ns}	11.69^{ns}	22.31^{ns}
تیمار Treatment	6	2083.95**	110.05**	440.94**	28.91^{ns}	1575.61**
خطا Error	18	276.47	12.21	4.7	42.72	10.67
ضریب تغییرات C.V.(%)		21.05	3.37	12.12	14.97	7.39

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p\leq0.01$ and $p\leq0.05$, respectively.





شکل ۱- رابطه آنتاگونیستی بین رشد رویشی بیش از حد میوه توت‌فرنگی 'گاویتا' و توقف رشد میوه‌های توت‌فرنگی 'گاویتا' تیمار شده با جیبرلین در آزمایش اول

Figure 1- Antagonistic relationship between excessive vegetative growth of 'Gaviota' Strawberry fruits and growth arrest of 'Gaviota' strawberry fruits treated with gibberellin in the first experiment

براساس نتایج جدول ۲ تیمارهای هورمونی ایندول بوتیریک اسید اثر معنی‌داری در افزایش اندازه‌های میوه و همچنین کاهش درصـد بد شکلی میوه‌ها دا شته‌اند. شکل ۲ تفاوت در اندازه و شکل میوه‌ها را نشان می‌دهد. تیمار با ایندول بوتیریک ا سید در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش ۴۰ در صدی بد شکلی میوه‌ها شد. همانطور که در شکل ۲- D قابل م شاهده ا ست، علت کاهش بد شکلی میوه‌ها را

میتوان این‌گونه بیان کرد، از آنجایی‌که رشد تخمدان بعد از انجام لقاح متوقف می‌شود، اکسین می‌تواند برطرف‌کننده این رشد سرکوب شده بعد از لقاح باشد (Palei *et al*., 2009). درگزارش‌ها آمده است که محلول‌پاشی جیبرلین با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث ایجاد میوه‌های بدشکل در توت‌فرنگی و گوجه‌فرنگی می‌شود (Zielinski., 1945; Porlingis & Boynton, 1961). از شروع تشکیل میوه تا تکامل نهایی آن حدود ۲۰ روز زمان می‌برد (Abbasi *et al*., 2022). در این آزمایش محلول‌پاشی با جیبرلین زمان تکامل میوه را کاهش داد اما باعث بدشکلی میوه شد.

پاروسی، پالئی و همکاران گزارش کرده‌اند که میوه‌های مطلوب در تیمار محلول پاشی برگی با هورمون اکسین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (Paroussi, 2002; Palei *et al*., 2016). طول میوه و عرض میوه با تیمارهای اکسین رشد قابل توجهی داشته است (جدول ۳). همچنین افزایش در ابعاد میوه می‌تواند بدلیل نقش هورمون‌ها در افزایش تقسیم سلولی و طویل شدن سلول‌ها باشد. گزارش‌های زیادی مبنی بر افزایش ابعاد میوه و وزن میوه با اعمال تیمارهای هورمونی موجود می‌باشد (Stern *et al*., 2007; Roussos *et al*., 2009; Saima *et al*., 2014).

اثر محلول پاشی ایندول بوتیر یک اسید بر ویژگی های بیوشیمیایی میوه

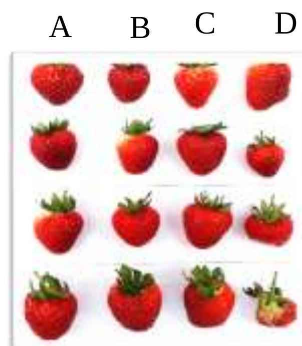
همانطور که در جدول ۴ قابل مشاهده است نتایج تجزیه واریانس صفات مواد جامد محلول میوه، اسید قابل تیتراسیون میوه و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه در سطح ۵٪ معنی‌دار بوده است. در جدول ۵ میزان افزایش ۴۲ درصدی مواد جامد محلول در مقایسه با تیمار شاهد قابل ملاحظه می‌باشد که می‌تواند بدلیل تجمع فیزیولوژیکی قندها یا تبدیل قندهای پیچیده‌تر به قندهای ساده‌تر ایجاد شده با شد (Sawale *et al*., 2001; Iqbal., *et al* 2009).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی با هورمون ایندول بوتیریک اسید (IBA) بر برخی ویژگی‌های میوه توت‌فرنگی رقم 'گاویتا'
Table 2- Result of ANOVA for foliar application of IBA on some fruit traits of Strawberry cv. 'Gaviota'

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares				
		طول میوه Fruit length	عرض میوه Fruit width	نسبت طول به عرض میوه Length/Width	وزن میوه Fruit weight	بدشکلی میوه Fruit malformation
بلوک Block	3	7.88^ns^	3.23^ns^	0.013^ns^	0.06^ns^	2.21^ns^
تیمار Treatment	3	145.64**	83.93**	0.004^ns^	22.10**	8.38**
خطا Error	9	9.14	7.43	0.012	1.14	0.97
ضریب تغییرات C.V.(%)		9.34	9.62	9.93	8.17	18.43

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.



شکل ۲- کاهش بدشکلی میوه‌های تیمار شده با ایندول بوتیریک اسید (IBA) در آزمایش اول: میوه های تیمار شده با: A) اکسین ۶۰ میلی‌گرم در لیتر، B) اکسین ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، C) اکسین ۲۰ میلی‌گرم در لیتر و D) شاهد

Figure 2- Reducing of misshaped fruits by IBA treatment in experiment I, A) IBA at 60 mg.L^{-1}, B) IBA at 40 mg.L^{-1}, C) IBA at 20 mg.L^{-1}, and D: Control. Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی جیبرلیک اسید و ایندول بوتیریک اسید بر صفات سطح، تاج بوته، ارتفاع بوته، تعداد گل، طول میوه، عرض میوه، طول به عرض میوه، وزن میوه و بدشکلی میوه

Table 3- The effects of foliar application of GA_3 and IBA on vegetative characteristics of Strawberry cv. 'Gaviota' including leaf area (a), spread of crown (b), plant height (c) and number of flowers (d) (DMRT, $p≤0.05$)

تیمار Treatment	سطح برگ (cm^2) Leaf area	تاج بوته (cm) crown	ارتفاع بوته(cm) Plant Height	تعداد گل	طول میوه (mm) Length of Fruit	عرض میوه (mm) Widht of fruit	وزن میوه (g) Weight of Fruit	بدشکلی میوه (%) Fruit malformation
شاهد Control 0 ($mg.l^{-1}$)	47.87^b	24.32^b	23.87^c	11^b	23.38^b	21.46^b	9.63^b	55^a
جیبرلین $GA_3$25 ($mg.l^{-1}$)	107.77^a	24.80^b	61.75^a	28^a	-	-	-	-
جیبرلین $GA_3$50($mg.l^{-1}$)	89.45^b	24.47^b	64.00^a	26^a	-	-	-	-
جیبرلین $GA_3$100 ($mg.l^{-1}$)	106.63^ab	24.39^b	68.18^a	26^a	-	-	-	-
اکسین IBA-20 ($mg.l^{-1}$)	64.84^b	26.98^a	38.75^b	10^b	35.12^a	30.59^a	13.79^a	27.5^b
اکسین IBA-40 ($mg.l^{-1}$)	64.85^b	26.94^a	26.06^c	7^b	34.43^a	30.65^a	14.04^a	25^b
اکسین IBA-60 ($mg.l^{-1}$)	71.53^b	27.61^a	24.25^c	8^b	36.45^a	30.64^a	14.89^a	15c

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند. -: عدم تشکیل میوه

Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p≤ 0.05$ -:No fruit set

همچنین افزایش در میزان اسید قابل تیتراسیون میوه به میزان ۶۷ درصد مشاهده شد که در گزارش‌های متعددی روی میوه توت‌فرنگی مشاهده شده است (Rousoss *et al.*, 2009; Saima, 2014). این افزایش میتواند به علت تسریع در فرآیند رسیدگی میوه‌های تیمار شده نسبت به تیمار شاهد باشد. افزایش ۱۸/۵ درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها نسبت به تیمار شاهد بدست آمده است (جدول ۵). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه در اثر تیمار با اکسین می‌تواند به دلیل اندازه بزرگ‌تر میوه باشد که یک منبع قوی برای جذب آب و املاح از طریق توسعه سیستم‌های آوندی ایجاد کرده است (Kriti, 2016). همچنین براساس نتایج تجزیه واریانس جدول ۴ اثر محلول‌پاشی با ایندول بوتیریک اسید و جیبرلین بر آنزیم‌های کاتالاز و سوپر اکسید دیسموتاز معنی‌دار نبوده است.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر محلول‌پاشی با ایندول بوتیریک اسید (IBA) بر برخی ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم 'گاویتا'

Table 4-Result of ANOVA for the effect of foliar application of IBA on some biochemical traits of strawberry cv. 'Gaviota'

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares								
		مواد جامد محلول TSS	اسیدیته pH	اسید قابل تیتراسیون میوه TA	ویتامین ث Vitamin C	آنتوسیانین Anthocyanin	ترکیبات فنلی Phenolics	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز SOD	فعالیت آنزیم کاتالاز CAT
بلوک Block	3	0.072^ns	0.002^ns	0.68^ns	40.91^ns	11.27^ns	4088.78 ns	86.14 ^ns	0.049 ^ns	0.038 ^ns
تیمار Treatment	3	2.80*	0.015^ns	0.18*	57.56^ns	38.38 ^ns	14670.91 ns	342.52*	0.22 ^ns	0.017 ^ns
خطا Error	9	0.57	0.008	0.043	63.73	15.71	11570.91	76.80	1.88	0.15
ضریب تغییرات C.V.(%)		13.95	2.3	20	13.43	23.29	17.23	21.55	26.8	27

ns، ** و * به‌ترتیب عدم معنی‌داری، و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.

ns, ** and *: non-significant, and significant at $p≤0.01$ and $p≤0.05$, respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر محلول‌پاشی ایندول بوتیریک اسید (IBA) بر ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه توت‌فرنگی رقم ’گاویتا‘
مواد جامد محلول بر حسب درجه بریکس، اسید قابل تیتراسیون بر حسب درصد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه بر حسب درصد

Figure 5- The effects of foliar application of IBA on fruit traits of Strawberry cv. 'Gaviota' including fruit TSS (a), TA (b), and antioxidant capacity (c) (DMRT, $p \leq 0.05$)

تیمار Treatment	مواد جامد محلول (brix) TSS	اسید قابل تیتراسیون (٪) TA	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪) Antioxidant Capacity
شاهد Control 0 (mg.l^{-1})	4.3^{b}	0.74^{b}	31^{c}
اکسین IBA20 (mg.l^{-1})	5.3^{ab}	1.13^{a}	34.55^{bc}
اکسین IBA40 (mg.l^{-1})	6^{a}	1.02^{ab}	47.40^{ab}
اکسین IBA60 (mg.l^{-1})	6.12^{a}	1.24^{a}	49.65^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.
Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

نتایج آزمایش دوم

اثر غوطه‌وری میوه های توت‌فرنگی رقم ’گاویتا‘ در هورمون‌های نفتالین استیک اسید NAA و جیبرلین GA_3 روی صفات رویشی و بیوشیمیایی میوه

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها در تمامی صفات مربوط به میوه به‌نظر می‌رسد که تیمار جیبرلین در هر سه سطح از غلظت‌های هورمون نسبت به هورمون نفتالین استیک اسید و نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته‌است در جدول ۶ قابل مشاهده می‌باشد. بالاترین طول میوه ۵۸/۴۴ میلی‌متر در تیمار جیبرلین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بد ست آمده ا ست و ن سبت به تیمار شاهد ۴۲ در صد افزایش نشان داد و کمترین طول میوه ۲۹/۹۰ میلی‌متر مربوط به تیمار اکسین با غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر بوده است. در صفت عرض میوه نیز بالاترین مقدار در تیمار اکسین با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمده است. تیمارهای هورمونی موجب تحریک فعالیت سلولی و انتقال آب و مواد غذایی از سایر بخش‌های گیاه به سمت میوه‌های در حال رشد می‌شوند (Abd El-Naby, 2019). در تیمار جیبرلین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر وزن میوه ۵۹ درصد رشد نسبت به شاهد داشته ا ست. غوطه‌وری میوه‌ها با جیبرلین و نفتالین ا ستیک ا سید در میزان کاهش بدشکلی میوه‌ها در سطح ۱٪ مؤثر بوده است. بدشکلی میوه در تیمار جیبرلین با غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۳۷/۵ درصد کاهش نشان داد (شکل ۳). همچنین در تیمار نفتالین ا ستیک ا سید با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بد شکلی میوه‌ها ۳۷/۵ در صد کاهش نشان داد. نتایج مربوط به این بخش با یافته‌های شارما و سینگ در مورد تأثیر جیبرلین بر کاهش بدشکلی میوه‌های توت‌فرنگی رقم چندلر مطابقت دارد (Sharma & Singh, 2009). آنها گزارش کردند که با اینکه تعداد میوه در بوته در نتیجه افزایش تعداد گل افزایش یافته بود اما اندازه میوه‌ها بسیار کوچک بودند. شکل میوه نسبت به شاهد نرمال تر اما کوچک‌تر بوده ا ست. ساونی و گریسون گزارش کردند که تیمار جیبرلین روی گوجه‌فرنگی موجب کاهش بدشکلی میوه‌ها می‌شود (Sawhney & Greyson, 1997). نظرات راجع به اثرات جیبرلین روی شکل میوه‌ها متفاوت می‌باشد.

در میوه‌های ریز مانند کیوی، انگور و توت‌فرنگی رابطه مستقیم خطی بین تعداد بذر و اندازه و شکل میوه وجود دارد (Sotomayor et al., 2010). اثر غوطه‌وری میوه ها بر میزان مواد جا مد محلول مطابق جدول ۶ حدود ۵۸ درصد افزایش داشته است. هورمون‌ها رقابت بین میوه‌ها برای بدست آوردن متابولیت‌ها را کاهش می‌دهند. هورمون‌ها موجب هیدرولیز نشاسته به قندهای ساده‌تر بر اثر متابولیسم بیشتر می‌شوند. افزایش میزان مواد جامد محلول در تیمارهای هورمونی توسط دیگران نیز گزارش شده است (Abd El-Naby, 2019; Pérez *et al*., 2008; Kriti, 2016). اسید قابل تیترا سیون میوه در تیمار با جیبرلین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر ۵۱ درصد رشد داشته که این افزایش می‌تواند بدلیل این باشد که با مصرف بیشتر قندها تعادل قند به اسید بهم می‌خورد و میزان اسید میوه افزایش می‌یابد وگزارش‌های متعددی مؤید این مطلب هستند (Palei *et al*., 2016; Kaplan *et al*., 2019).

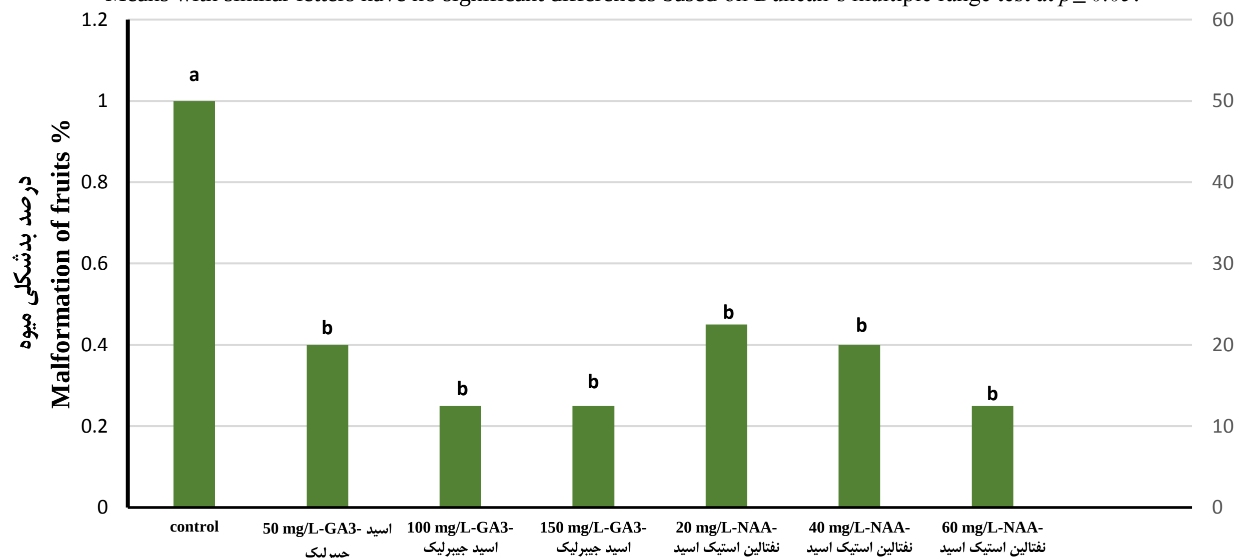
جدول ٦- مقایسه میانگین اثر غوطه‌وری میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'گاویتا' در جیبرلین و نفتالین استیک اسید بر صفات میوه در آزمایش دوم

Table 6-Means Comparisons of the effect of GA and Auxin application on fruit traits of strawberry cv. 'Gaviota' in experiment 2

تیمار Treatment	طول میوه (mm) Fruit length	عرض میوه (mm) Fruit width	وزن میوه (g) Fruit weight	مواد جامد محلول (brix) TSS	اسید قابل تیتراسیون (٪) TA	ویتامین ث (mg/100gFW) Vit. C	آنتوسیانین (mg/l) Anthocyanin	ترکیبات فنلی (mg/100gFW) Phenolics	فعالیت آنتی اکسیدانی (٪) Antioxidant Capacity
شاهد Control 0 ($mg.l^{-1}$)	38.37^{b}	29.95^{c}	14.69^{c}	4.4^{cd}	0.45^{c}	65.12^{c}	15.95^{c}	477.21^{c}	30.5^{c}
جیبرلین $GA_3$25 ($mg.l^{-1}$)	41.16^{ab}	32.23^{bc}	18.36^{bc}	5.7^{a}	0.68^{ab}	80.08^{bc}	18.44^{ab}	576.77^{b}	38.08^{ab}
جیبرلین $GA_3$50($mg.l^{-1}$)	42.85^{a}	34.20^{ab}	21.13^{ab}	5.4^{ab}	0.58^{abc}	77.44^{bc}	20.61^{a}	663.54^{a}	40.52^{a}
جیبرلین $GA_3$100 ($mg.l^{-1}$)	44.58^{a}	35.02^{ab}	23.37^{a}	5.8^{a}	0.70^{a}	98.56^{ab}	21.28^{a}	635.95^{ab}	37.05^{abc}
اکسین NAA20 ($mg.l^{-1}$)	36.35^{bc}	29.19^{c}	15.06^{c}	4.5^{cd}	0.54^{bc}	88.00^{ab}	15.82^{b}	619.47^{ab}	30.55^{c}
اکسین NAA40 ($mg.l^{-1}$)	35.41^{c}	29.91^{c}	15.23^{c}	3.6^{d}	0.63^{ab}	85.26^{abc}	15.60^{b}	554.39^{bc}	33.25^{bc}
اکسین NAA60 ($mg.l^{-1}$)	36.36^{bc}	30.94^{bc}	16.14^{c}	4.6^{bc}	0.67^{ab}	103.14^{a}	19.63^{a}	633.41^{ab}	31.47^{bc}

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر غوطه‌وری میوه‌های توت‌فرنگی رقم 'گاویتا' در محلول جیبرلین و اکسین بر کاهش بدشکلی میوه‌ها

میانگین‌های دارای حروف مشابه براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

Figure 3 -Means comparisons of the effects of foliar application of GA3 and NAA on reducing fruits malformation (DMRT, $p \leq 0.05$)

Means with similar letters have no significant differences based on Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

بالاترین میزان ویتامین ث میوه در تیمار اکسین با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (جدول ۵). ۵۸ درصد رشد نسبت به شاهد داشته است، بدلیل افزایش میزان کربوهیدرات‌های میوه متعاقبا میزان ویتامین‌ث میوه افزایش می یابد. همچنین منحنی افزایش ویتامین‌ث همسو با افزایش میزان مواد جامد محلول می‌باشد (Awad & Al-Qurashi, 2012). بیشترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی کل میوه در تیمار جیبرلین با غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. گزارش شده که افزایش به‌ترتیب ۱۰٪ ترکیبات فنلی کل و ۲۶٪ آنتی‌اکسیدان کل در تیمارهای هورمونی روی توت‌فرنگی و بیشترین میزان آنتوسیانین در تیمار جیبرلین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (Kaplan., *et al* 2011). گزارش‌های دیگری نیز بر افزایش میزان آنتوسیانین میوه تحت تأثیر هورمون‌های جیبرلین و اکسین بوده است، همچنین افزایش آنتو سیانین میوه وابسته به رقم، گونه، مرحله تکامل میوه، شرایط محیطی و موقعیت پرورش میوه متفاوت می باشد (Roussos *et al*., 2009; Gougoulias & Masheva., 2010; Saima *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری

از عمده مشکلات تولیدکنندگان توت‌فرنگی گلخانه‌ای پدیده بدشکلی در میوه‌ها می‌باشد که تاکنون پژوهش‌های اندکی در این باره صورت گرفته است. با کاربرد تنظیم‌کننده‌های رشد در این پژوهش کاهش این عارضه مشاهده شد. همچنین کاربرد غلظت معین و در زمان مناسب هورمون‌های گیاهی بخصوص جیبرلین در این آزمایش در افزایش ویژگی‌های رویشی بوته توت‌فرنگی رقم 'گاویتا' و ایندول بوتیریک اسید به روش محلول‌پاشی در افزایش شاخص‌های رشد میوه مؤثر بودند. در آزمایش اول محلول پاشی جیبرلین در غلظت ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بیشترین تأثیر را بر ویژگی‌های رشد رویشی توت‌فرنگی رقم 'گاویتا' داشت. همچنین در همین آزمایش ایندول بوتیریک اسید در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر موجب کاهش ۴۰ درصدی میوه‌های بد شکل شد. مشخص شد که کاربرد جیبرلین در غلظت‌های بالا اثر معکوس بر گل‌انگیزی و رشد میوه توت‌فرنگی رقم 'گاویتا' دارد. همین‌طور ایندول بوتیریک اسید در غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر گذارترین تیمار در صفات میوه بود. در آزمایش دوم جیبرلین در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تأثیر گذارترین تیمار در صفات میوه و بیوشیمیایی بود، در حالی‌که نفتالین استیک اسید در آزمایش غوطه‌وری میوه‌ها به نسبت ایندول بوتیریک اسید در آزمایش محلول‌پاشی پاسخ ضعیف‌تری نسبت به بهبود صفات میوه نشان داد. به‌طور کلی، جیبرلین با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و ایندول بوتیریک اسید با غلظت ۶۰ میلی‌گرم در لیتر به‌منظور افزایش اندازه میوه، وزن میوه، ویژگی‌های بیوشیمیایی میوه و کاهش بدشکلی میوه‌ها توصیه می‌شوند.

سپاسگزاری

از حمایت آقای مهندس مهین زارع که مواد گیاهی لازم در شهرک گلخانه‌ای فاز ۷ هشتگرد کرج را در اختیار نویسندگان قرار دادند تشکر می‌شود. بخشی از این پژوهش به کمک قطب علمی درختان میوه معتدله دانشگاه تهران انجام شده که بدین‌وسیله از حمایت قطب قدردانی می‌شود.

References

1. Abbasii, Z., Zamani, I., Shafieirad, M., Amiri Mehra, A.H., & Hosseinifarahi, M. (2022). Linear modeling of the impact of pests and diseases on the growth process of strawberry plants in the state space. *Journal of Horticultural Science*, *36*(1), 271-283. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JHS.2021.70888.1062
2. Abd El-Naby, S.K.M., Abdelkhalek, A.M., & El-Naggar, Y.I.M. (2019). Effect of melatonin, GA_3 and NAA on vegetative growth, yield and quality of 'Canino'apricot fruits. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, *18*(3), 167-174. https://doi.org/10.24326/asphc.2019.3.16
3. Albregts, E.E., & Howard, C.M. (1982). Effect of fertilizer rate on number of malformed strawberry fruit. *Proceedings of the annual meeting Florida State Horticultural Society*, *95*, 323–324.
4. Ariza, M.T., Soria, C., Medina, J.J., & Martínez-Ferri, E. (2011). Fruit misshapen in strawberry cultivars (*Fragaria*× *ananassa*) is related to achenes functionality. *Annals of Applied Biology*, *158*(1), 130-138.
5. Asadi, Z., Jafar Pour, M.A.R., & Mohammad Khani, A. (2013). Effect of GA_3 application on fruit yield, flowering and vegetative characteristics on early yield of strawberry cv. 'Gaviota'. *International Journal of Agriculture* and *Crop Sciences*, *5*(15), 1716-1718.
6. Awad, M.A., & Al-Qurashi, A.D. (2012). Gibberellic acid spray and bunch bagging increase bunch weight and improve fruit quality of 'Barhee' datepalm cultivar under hot arid conditions. *Scientia Horticulturae*, *138*, 96-100.
7. Carew, J.G., Morretini, M., & Battey, N.H. (2003). Misshapen fruit in strawberry. *Small Fruits Review*, *2*(2), 37–50. https://doi.org/10.1300/J301v02n02_03
8. Cheng, X., Ruyter-Spira, C., & Bouwmeester, H. (2013). The interaction between strigolactones and other plant hormones in the regulation of plant development. *Frontiers in Plant Science*, *4*,

199. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00199

9. Cheour, F., Willemot, C., Arul, J., Makhlouf, J., & Desjardins, Y. (1991). Postharvest response of two strawberry cultivars to foliar application of $CaCl_2$. *HortScience*, *26*(9), 1186-1188. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.26.9.1186
10. Eshghi, S., & Jamali, B. (2009). Leaf and fruit mineral composition and quality in relation to production of malformed strawberry fruits. *Horticulture*, *Environment* and *Biotechnology*, *50*(5), 397-400.
11. Ferrario-Méry, S., Masclaux, C., Suzuki, A., Valadier, M.H., Hirel, B., & Foyer, C.H. (2001). Glutamine and α-ketoglutarate are metabolite signals involved in nitrate reductase gene transcription in untransformed and transformed tobacco plants deficient inferredoxin-glutamine-α-ketoglutarate aminotransferase. *Planta*, *213*(2), 265-271.
12. Giusti, M.M., & Ronald E. Wrolstad. (2001). "Unit F1. 2: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy." *Current protocols in food analytical chemistry*: F1-2. https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00
13. Goldschmidt, E.E., & Eilati, S.K. (1970). Gibberellin-treated ‘Shamouti’ oranges: Effects on coloration and translocation within peel of fruits attached to or detached from the tree. *Botanical Gazette*, *131*(2), 116-122. https://doi.org/10.1086/336521
14. Gollagi, S.G., Muralidhara, B.M., & Ravi, G.K. (2019). Plant growth regulators in strawberry: A review. *International Journal of Society*, *7*(2), 1267-1272.
15. Hancock JF. (2005). *Strawberry*. Cabi Publishing. Pp: 257.
16. Iqbal, M., Khan, M.Q., Rehman, K., & Munir, M. (2009). Effect of foliar application of NAA on fruit drop, yield and physico-chemical characteristics of guava (*Psidium guajava* L.) red flesh cultivar. *Journal of Agricultural Research*, *47*(3).
17. Kang, H.M., & Saltveit, M.E. (2001). Activity of enzymatic antioxidant defense systems in chilled and heat shocked cucumber seedling radicles. *Physiologia Plantarum*, *113*(4), 548-556. https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2001.1130414.x
18. Kaplan, M. (2011). The effect of the method of application of growth regulators on fruit quality of "Einset Seedless" grape (*Vitis* sp.). *Acta Agrobotanica*, *64*(4), 362-371.
19. Kaplan, M., Najda, A., Klimek, K., & Borowy, A. (2019). Effect of gibberellic acid (GA_3) inflorescence application on content of bioactive compounds and antioxidant potential of grape (*Vitis* L.) 'Einset Seedless' berries. *South African Journal of Enology* and *Viticulture*, *40*(1), 1-10.
20. Khaviani, B., Jamali, M., Safari Motlagh, M.R., & Eslami, A.R. (2023). The effect of different levels of indole-3-butyric Acid (IBA) and Naphthaleneacetic Acid (NAA) on the rooting of pear stem cutting. *Journal of Horticultural Science*, *36*(4), 747-761. (In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jhs.2021.61925.0
21. Kriti, A. (2016). *Effect of GA_3 and NAA on growth, flowering, fruiting, yield and quality of strawberry (Fragaria X ananassa Duch.) cv.chandler*. Doctoral dissertation, Institute of Agricultural Sciences, Banaras Hindu University.
22. Lolaei, A., Teymouri, N., Bemana, R., Kazempour, A., & Aminian, S. (2013). Effect of gibberellin on vegetative and sexual growth and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch. cv. Selva and Qeen Elisa). *International Journal of Agriculture* and *Crop Sciences*, *5*(14), 1508-1513.
23. Massetani, F., Palmieri, J., & Neri, D. (2014). Misshapen fruits in 'Capri' strawberry are affected by temperature and fruit thinning. *Acta Horticulture*, *1117*, 373-379. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1117.61
24. Meier, U. (1997). Estadios de las plantas mono-y dicotiledóneas. Stades phénologiques des mono-et dicotylédones cultivées. Entwicklangsstadien mono-und dikotyler pflanzenGrowth stages of mono-and dicotyledonous *plants* (No. 584 G884). Blackwell Wissenschafts-Verlag Berlin: Wien.
25. Nitsch, J.P. (1950). Growth and morphogenesis of the strawberry as related to auxin. *American Journal of Botany*, *37*(3), 211-215.
26. Palei, S., Das, K.A., Sahoo, K.A., Dash, D.K., & Swain, S. (2016). Influence of plant growth regulators on strawberry cv. Chandler under Odisha condition. *International Journal of Scientific Research*, *7*(4), 9945-9948.
27. Paroussi, G., Voyiatzis, D.G., Paroussis, E., & Drogoudi, P.D. (2002). Effect of GA_3 and photoperiod regime on growth and flowering in strawberry. *Acta Horticulturae*, *567*(1), 273-276.
28. Pérez de Camacaro, M., Mogollón, N., Ojeda, M., Giménez, A., & Colmenares, C. (2008). The effect of gibberelic acid on the growth and flowering of Strawberry (*Fragaria*× *ananassa* Duch.) 'Chandler' vitroplants. *Acta Horticulture, 842*, 793-796.
29. Porlingis, I.C., & Boynton, D., (1961). Growth responses of the strawberry plant, *Fragaria chiloensis* cv. Ananassa, to gibberellic acid and to environmental conditions. *In Proceedings of the American Society of Horticultural Science*, *78*, 261–269.
30. Roussos, P.A., Denaxa, N.K., & Damvakaris, T. (2009). Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticultura*, *119*(2), 138-146 https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.07.021
31. Saima, Z., Sharma, A., Umar, I., & Wali, V.K. (2014). Effect of plant bio-regulators on vegetative growth, yield and

quality of strawberry cv. Chandler. *African Journal of Agricultural Research*, *9*(22), 1694-1699.
32. Sánchez-Moreno, C. (2002). Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Science and Technology International*, *8*(3), 121-137.
33. Sawale, A.A., Tayde, G.S., Ghawade, S.M., & Dadmal, S.M. (2001). Effect of fruit thinning on quality of nagpur mandarin (*Citrus reticulata*, Blanco) under Akola conditions. *Indian Journal of Agricultural Research*, *35*(2), 136-138.
34. Sawhney, V. K., & Greyson, R. I. (1972). Fruit size increase in tomato following application of gibberellic acid. *Amer Soc Hort Sci J*. 29, 341-359.
35. Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., and Valero, D. (2005). Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural* and *Food Chemistry*, 53(7), 2741-2745.
36. Sharma, R.R., & Singh, R. (2009). Gibberellic acid influences the production of malformed and button berries, and fruit yield and quality in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), *Environment* and *Ecology*, *119*(4), 430-433. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.11.002
37. Sharma, V.P., & Singh, R. (2002). Growth and fruiting behaviour of strawberry (*Fragaria* spp.) as affected by cloching and gibberellic acid treatments.*Proceedings of the 11th International Congress on the Use of Plastics in Agriculture*, New Delhi, India, 26th February2nd March 2002.; E.141-E.149.
38. Sharma, V.P., Sharma, R.R., (2004). *The Strawberry*. ICAR, New Delhi, India.
39. Singh, A., & Singh, J.N. (2005). Flowering, fruiting and yield responses to plant bioregulators of strawberry cv Sweet Charlie. *Environment* and *Ecology*, *23*(4), 714.
40. Sotomayor, C., Norambuena, P., & Ruiz, R. (2010). Boron dynamics related to fruit growth and seed production in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*, cv. Hayward). *Ciencia investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, *37*(1), 133-141.
41. Stern, R.A., Flaishman, M., & Ben-Arie, R. (2007). Effect of synthetic auxins on fruit size of five cultivars of Japanese plum (*Prunus salicina Lindl*.). *Scientia Horticulturae*, *112*(3), 304-309. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.032
42. Thakur, S., Mehta, K., & Sekhar, R.S. (2015). Effect of GA_3 and plant growth promoting rhizobacteria on growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) cv. Chandler. *International Journal of Advanced Research*, *3*(11),312 – 317.
43. Thompson P.A. (1969.) The effect of applied growth substances on development of the strawberry fruit: II. Interactions of auxin and gibberellins. *Journal Experimental Botical 20*, 629–647. https://doi.org/10.1093/jxb/20.3.629
44. Uddin, A.J., Hossan, M.J., Islam, M.S., Ahsan, M.K., & Mehraj, H. (2012). Strawberry growth and yield responses to gibberellic acid concentrations. *Journal of Experimental Biology*, *3*, 51-56.
45. Zielinski, Q. (1945). Fasciation in horticultural plants with special reference to the tomato. *In Proceedings of the American Society of Horticultural Scienc*e, *46*, 263-268.